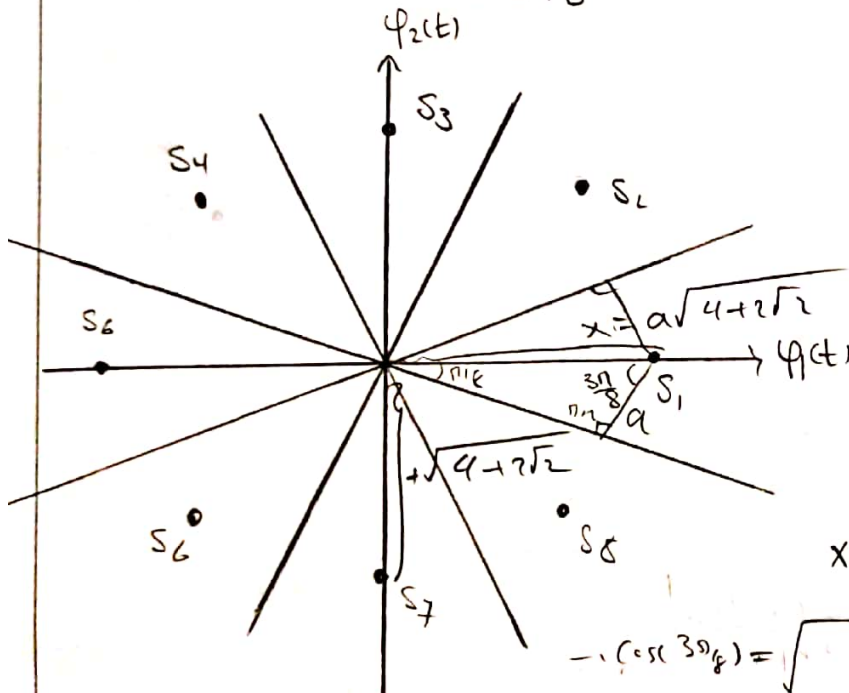


۱- در سیستم ۸ QAM، ۸ PSK بررسی خواهند شد. هر سیگنال چند سیگنال مجاور دارد، اگر خطای رخ دهد احتمالاً به یکی از آن ها تبدیل می شود. مغرب ترین ۱ و ۱ توسط مسیری ایجاد می شود که سیگنال مطلوب را به یکی از سیگنال های مجاور تبدیل کند. فرض کنیم که یک سیگنال اراده می باشد و اگر آنقدر کمتری روی آن دارد، مغرب ترین آن را ایجاد می کند. لذا می نویسیم

$$y_k y_0 = \sqrt{1-\alpha^2} A \quad y \propto (1+\sqrt{3})A \rightarrow \alpha < \frac{1}{\sqrt{(1+\sqrt{3})^2 + 1}}$$

$$\alpha < 0.3437237693$$



در حالت ۸ PSK، توانی کمیتری اندیش شده اند.

در اینجا فرض می کنیم که سیگنال S1 ارسال می شود، اگر یک بیکان را بررسی

$$x = \frac{a}{\cos(30^\circ/q)} \quad \cos(30^\circ/q) = \frac{1 + \cos(30^\circ/q)}{2}$$

$$\cos(30^\circ/q) = \sqrt{\frac{2-\sqrt{2}}{4}} = \frac{1}{2} \sqrt{2-\sqrt{2}}$$

$$\therefore x = \frac{2a}{\sqrt{2-\sqrt{2}}} = \frac{2a\sqrt{2+\sqrt{2}}}{\sqrt{2}} \therefore x = a\sqrt{4+2\sqrt{2}}$$

$$y_k = \sqrt{1-\alpha^2} \quad a\sqrt{4+2\sqrt{2}} - \alpha\sqrt{4+2\sqrt{2}} y_0$$

میست به سمت قبلا،

$$\frac{\alpha}{\sqrt{1-\alpha^2}} < 1 - 1 - \alpha^2 \quad \alpha < \frac{1}{\sqrt{2}}$$

بنابراین ۸ PSK از ۸ QAM بسط است.



$V_k(t)$  in AWGN channel / نویز استغلاشی مستقیم  $G_{ncf} = \eta/2$

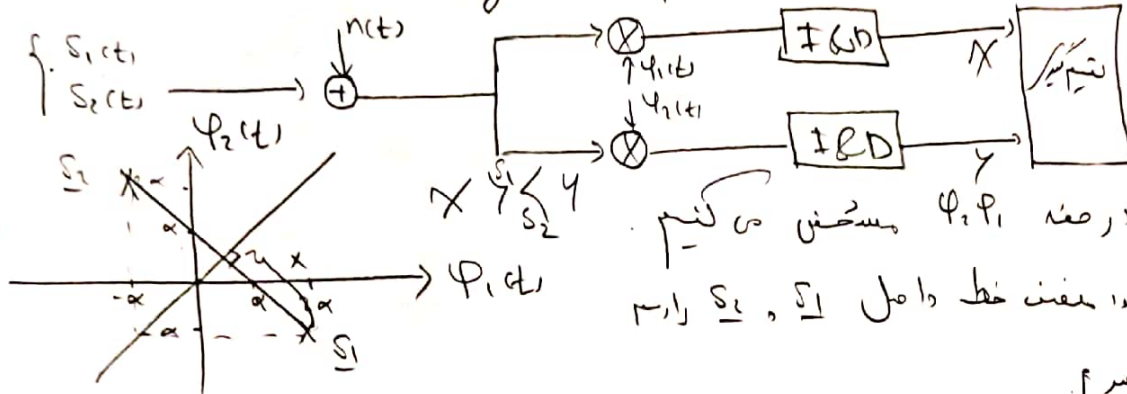
(پ)

$$E_{s, new} = \frac{2}{3} E_{s, 3FSK} \quad \text{lecture notes} \quad P_{e, old}^{MFSK} = (M-1) Q\left(\sqrt{\frac{E_{s, 3FSK}}{\eta}}\right)$$

$$P_{e, old}^{3FSK} = 2 Q\left(\sqrt{\frac{E_{s, 3FSK}}{\eta}}\right) \quad , \quad P_e^{new} = 2 Q\left(\sqrt{\frac{2}{3} \frac{E_{s, new}}{\eta}}\right)$$

3. انت  $S_1(t) = 2\alpha \phi_1(t) - \alpha \phi_2(t)$ ,  $S_2(t) = 2\alpha \phi_2(t) - \alpha \phi_1(t)$ ,  $P_r\{S_1(t)\} = P_r\{S_2(t)\} = 0.5$

$n \sim N(0, \eta/2)$   $n \perp \phi_i$   $\phi_1, \phi_2$  - width = T,  $E_{\phi_1} = E_{\phi_2} = 1$ ,  $\phi_1 + \phi_2$



$S_1(t)$ ,  $S_2(t)$  را در صفحه  $\phi_1, \phi_2$  مشخص می‌کنیم. برای تصمیم‌گیری، مبدأ یافتن خط دامل  $\underline{S_1}$ ,  $\underline{S_2}$  را در آن دو سیگنال می‌گیریم.

$$P_{e, S_1, S_2} = 1 - Q\left(\frac{x}{\sqrt{\eta/2}}\right) \quad x = \frac{\sqrt{(3\alpha)^2 + (3\alpha)^2}}{2} = \frac{3\alpha\sqrt{2}}{2} = \frac{3\alpha}{\sqrt{2}}$$

$$P_{e, S_1, S_2} = 1 - Q\left(\frac{3\alpha}{\sqrt{\eta}}\right) \quad \therefore P_{e, tot} = 1/2 \times 2 \times (1 - Q\left(\frac{3\alpha}{\sqrt{\eta}}\right))$$

$$\therefore P_e = 1 - P_{e, tot} = Q\left(\frac{3\alpha}{\sqrt{\eta}}\right)$$

(ب) در این سیستم برای آشکال‌گیری مندرج‌الحدود، بدون تمیز در هر دو نامیه تصمیم‌گیری می‌گیرند. این تصمیم‌گیری

$$P(E) = P(E|S_1)P(S_1) + P(E|S_2)P(S_2) \quad \xrightarrow{P(S_1)=P(S_2)} \quad P(E) = \frac{1}{2} (P(E|S_1) + P(E|S_2))$$

خطار صحت ارسال  $S_1$  می‌باشد.  $\downarrow$  خطار صحت ارسال  $S_2$  می‌باشد.  $\downarrow$  خطار صحت ارسال  $S_1$  می‌باشد.

$$\rightarrow 0.5 [P_r\{X < 0 | S_1\} + P_r\{X > 0 | S_2\}]$$

$$\therefore P(E) = 0.5 [P_r\{n < -2\alpha\} + P_r\{n > \alpha\}]$$

$$P_r\{n < -2\alpha\} = \int_{-\infty}^{-2\alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi N_0}} e^{-\frac{n^2}{2N_0}} dn = Q\left(\frac{2\alpha}{\sqrt{N_0}}\right) = Q\left(\frac{2\alpha}{\sqrt{\eta/2}}\right) = Q\left(\frac{2\sqrt{2}\alpha}{\sqrt{\eta}}\right)$$

$$P_r\{n > \alpha\} = \int_{\alpha}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi N_0}} e^{-\frac{n^2}{2N_0}} dn = Q\left(\frac{\alpha}{\sqrt{N_0}}\right) = Q\left(\frac{\alpha\sqrt{2}}{\sqrt{\eta}}\right)$$

$$\therefore P(E) = 0.5 Q\left(\frac{2\sqrt{2}\alpha}{\sqrt{\eta}}\right) + 0.5 Q\left(\frac{\alpha\sqrt{2}}{\sqrt{\eta}}\right)$$



$$Q\left(\frac{3\sigma}{\sqrt{7}}\right) = 10^{-4} \xrightarrow{Q^{-1}} \frac{3\sigma}{\sqrt{7}} = 3.71902 \rightarrow \frac{\sigma}{\sqrt{7}} = 1.23967$$

$$\rightarrow P_{1,1} = 0.5 Q\left(\sqrt{2} \times 1.23967\right) + 0.5 Q\left(\sqrt{2} \times 1.23967\right) =$$

$$\frac{1}{2} \times 0.000227178 + \frac{1}{2} \times 0.0397874 = 0.020007289 \approx 0.02$$

پ) میان بند با هست. صرفاً زمانی تصمیم گیری را باید بهت کنیم. با فرض شدن  $\gamma$  از روی طرح می شود لذا داریم

بنابراین که  $\varphi_{1,1}$  است از روی طرح می شود لذا داریم

$$P_{e,1} = 1 - P_{e,1} \quad P_{e,1} = 1 - Q\left(\frac{1.5\sigma}{\sqrt{7_{1,1}}}\right)$$

$$P_{e,1} = 1 - P\left(\frac{1.5\sigma}{\sqrt{7_{1,1}}}\right) \rightarrow P_e = 1 - \frac{1}{2} \times 2 \left(1 - Q\left(\frac{1.5\sigma}{\sqrt{7_{1,1}}}\right)\right)$$

$$\rightarrow P_e = Q\left(\frac{1.5\sigma}{\sqrt{7_{1,1}}}\right) = Q\left(\frac{3\sigma}{\sqrt{7}}\right)$$

۴ - الف)  $S_1(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t \leq T \\ 0 & 0.5 \end{cases}$   $S_2(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t \leq T/2 \\ -1 & T/2 \leq t \leq T \\ 0 & 0.5 \end{cases}$   $S_3(t) = \begin{cases} -1 & 0 \leq t \leq T/2 \\ 1 & T/2 \leq t \leq T \\ 0 & 0.5 \end{cases}$

شکل تابع باید در نقاط Constellation هستیم. برای یافتن پایه متعامد از روش گرام-شmidt استفاده می کنیم و یا این که به صورت جفتی گامها اوقات قابل تشخیص است، در این مسئله دامنه  $\dim=2$  می باشد تا این پایه های متعامد به صورت راست در نظر بگیریم.

$\varphi_1(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{T}} & 0 \leq t \leq T/2 \\ 0 & 0.5 \end{cases}$   $\varphi_2(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{T}} & T/2 \leq t \leq T \\ 0 & 0.5 \end{cases}$

مستقیم این پایه ها نیاز ما را بر طرف می نمایند. چون به منحنی متعامد نیست.  $\langle \varphi_1(t), \varphi_2(t) \rangle \neq 0$  و  $\langle \varphi_1(t), \varphi_2(t) \rangle = 0$

برای نقاط کانستلشن داریم:  $S_1 = \sqrt{\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$   $S_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \sqrt{\frac{1}{2}}$   $S_3 = \sqrt{\frac{1}{2}} \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$

تصمیم گیری  $S_1$   $S_2$   $S_3$

پ) زمانی تصمیم گیری به صورت زیر هستند.

ب) خطای سبیل را در این سیستم به ضلع این سبیل است از آنجا که سبیل است.

$$f_b = \text{Speed} = 1.5 \text{ Mbps} \quad G_{\text{eff}} = 10^{-14} \text{ W/Hz} \quad B_{W_{\text{max}}} = 10 \text{ MHz}$$

7- الف

$$P_e = 10^{-5} \quad M = ? \quad A_{\text{rms}}^2 = ? \quad B_{\text{GMSK}} = \frac{M+3}{2T_s} = \frac{M+3}{2 \log_2 M} f_b$$

$$\rightarrow \frac{10^7}{1.5 \times 10^6} = \frac{M+3}{2 \log_2 M} \rightarrow \frac{M+3}{2 \log_2 M} = \frac{10}{3} \rightarrow 3M+9 = 20 \log_2 M \quad \text{Muller}$$

$$M \approx 81.68 \quad M = 2^K \rightarrow M = 64, \quad P_{e, \text{GMSK}} = (M-1) Q \left( \sqrt{\frac{E_b \log_2 M}{2}} \right)$$

$$\rightarrow 10^{-5} = 0.3 \times Q \left( \sqrt{\frac{6E_b}{2 \times 10^{14}}} \right) \rightarrow \sqrt{\frac{6E_b}{2 \times 10^{14}}} = 5.11778$$

$$\rightarrow 6E_b = E_s = 5.11778^2 \times 800 \times 10^{-13} \rightarrow E_b = 8.71350644 \times 10^{-14}$$

$$\text{مطلوب: } E_s = \frac{A^2}{2} T_s = \frac{A^2}{2} T_b \log_2 M = 3A^2 T_b \rightarrow A^2 \times 2 \times 10^6 = E_s \rightarrow \frac{A^2}{2} = \frac{E_s}{4 \times 10^6}$$

$$\rightarrow \frac{A^2}{2} = 1.30702967 \times 10^{-7}$$

$$B_{\text{MDPSK}} = B_{\text{MPSK}} = 2f_s = \frac{2f_b}{\log_2 M} = \frac{3 \times 10^6}{\log_2 M} = 10 \times 10^6 \quad \text{حال با DPSK مقایسه شود}$$

$$\rightarrow \log_2 M = \frac{3}{10} \rightarrow M = 2^{0.3} = 1.23 \rightarrow M = 2^K \Rightarrow M = 2$$

$$\text{مطلوب: } P_e = \frac{1}{2} e^{-\frac{E_b}{2}} = 10^{-5} \rightarrow \frac{E_b}{2} = -\ln(10^{-5}) = 10.81977828$$

$$\rightarrow E_b = 2.163955657 \times 10^{-13} = P_{av} T_b \rightarrow P_{av} = E_b \times f_b = 3.245933485 \times 10^{-7}$$

$$M = 64 \xrightarrow{M-17M}, M_{\text{new}} = 128 \rightarrow B_W = \frac{M+3}{2 \log_2 M} f_b = \frac{131}{14} \times 1.5 \times 10^6$$

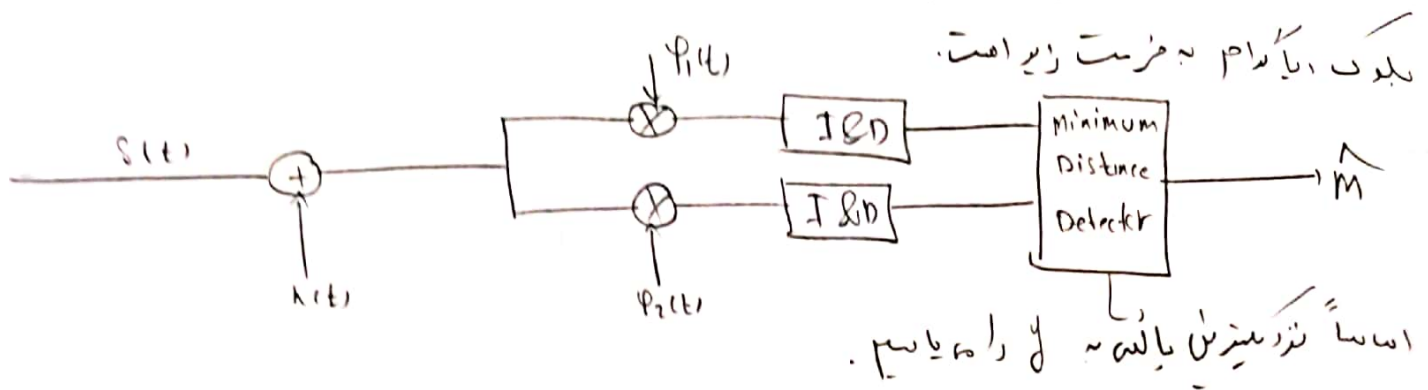
$$\rightarrow B_W = 14039714.29 \text{ Hz} = 14.03971429 \text{ MHz}$$

$$P_e = (M-1) Q \left( \sqrt{\frac{E_s}{2}} \right) = (M-1) Q \left( \sqrt{\frac{E_b \log_2 M}{2}} \right)$$

$$\rightarrow P_e = 127 Q \left( \sqrt{\frac{E_s}{2}} \right) = 10^{-5} \rightarrow \sqrt{\frac{E_s}{2}} = 5.24359 \rightarrow E_s = 5.499047218 \times 10^{-13}$$

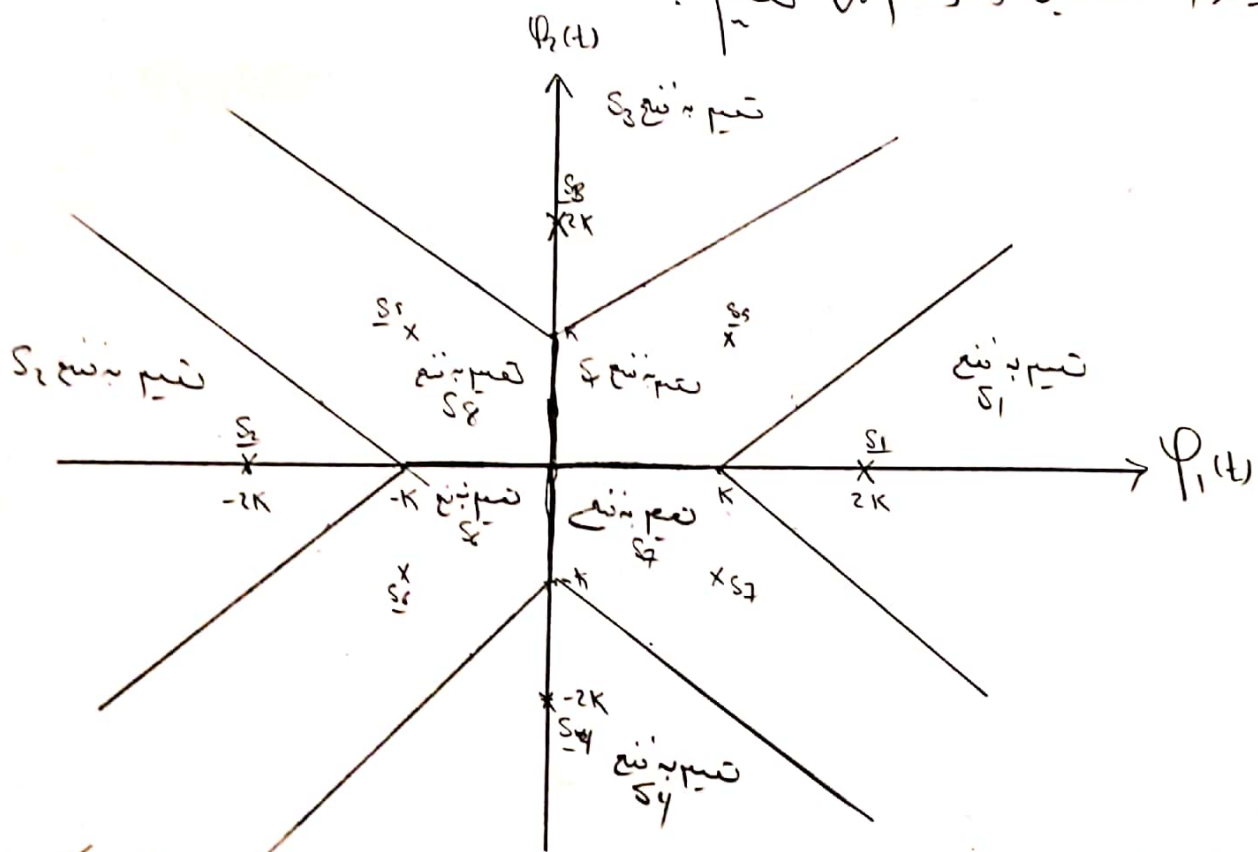
$$\rightarrow P_{av} = E_s / T_s \rightarrow P_{av} = 1.178367261 \times 10^{-7} \quad \text{توان کل سیستم مورد نیاز را به دست آورد}$$

8- الف)  $\{ \pm 2K\varphi_1(t), \pm 2K\varphi_2(t), \pm K\varphi_1(t) \pm K\varphi_2(t), \pm K\varphi_1(t) \mp K\varphi_2(t) \}$



ب)  $S_1 = 2K\varphi_1(t), S_2 = -2K\varphi_1(t), S_3 = 2K\varphi_2(t), S_4 = -2K\varphi_2(t)$   
 $S_5 = K\varphi_1(t) + K\varphi_2(t), S_6 = -K\varphi_1(t) - K\varphi_2(t), S_7 = K\varphi_1(t) - K\varphi_2(t), S_8 = -K\varphi_1(t) + K\varphi_2(t)$

دیاگرام کانتین را رسم می کنیم.

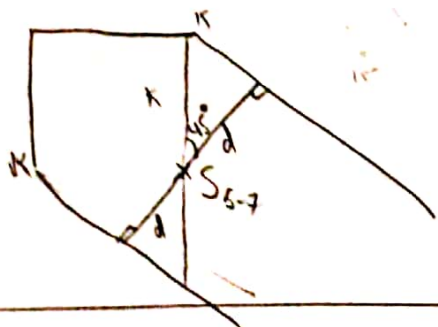


منطقه ها که اند این خاص  $S_5 \rightarrow S_8$  پس از این منطقی  $S_1 \rightarrow S_4$  هم می توان باشد.

برای  $S_5$  و  $S_8$ :  $d = K\cos 45^\circ = \frac{K}{\sqrt{2}}$   $P_{e S_5-7} = 2Q\left(\frac{K/\sqrt{2}}{\sqrt{N/2}}\right) + 2Q\left(\frac{K}{\sqrt{N/2}}\right)$

برای  $S_1$  و  $S_4$ :  $P_{e S_1-7} = 2Q\left(\frac{K/\sqrt{2}}{\sqrt{N/2}}\right)$

$$P_{e \text{ total}} = \frac{1}{2} P_{e S_5-7} + \frac{1}{2} P_{e S_1-7} = 2Q\left(\frac{K/\sqrt{2}}{\sqrt{N/2}}\right) + Q\left(\frac{K}{\sqrt{N/2}}\right)$$



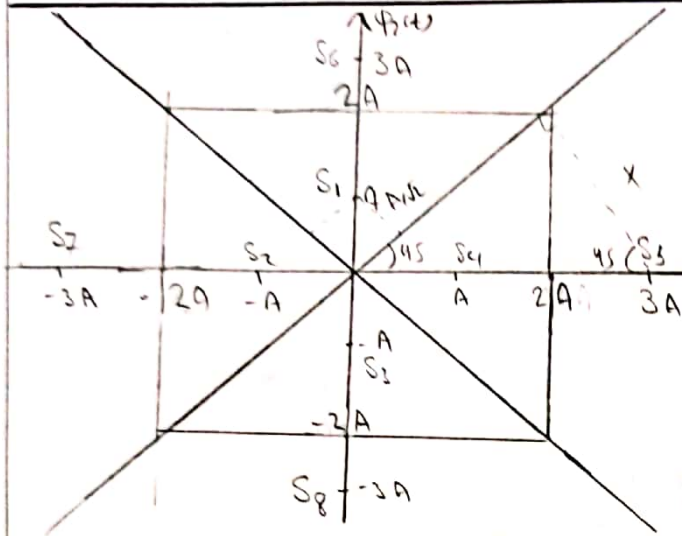


است متناهی که فرکانس را در ۴۵° را با فرض تقریب در نظر گرفته ایم. مرکز مدال بسیار سخت است و شما از نظر هندسی

$$P_e = 2Q\left(\frac{K/\sqrt{2}}{\sqrt{\eta/2}}\right) + Q\left(\frac{K}{\sqrt{\eta/2}}\right) = 2Q\left(\frac{K}{\sqrt{\eta}}\right) + Q\left(\frac{K}{\sqrt{\eta}}\right)$$

۹- الف) شکل زیر برای توانی تقسیم بری

ارائه می شود.



محیطها (۱) خط برای ۴-۵ S1-4

برای ۵-۸ S5-8 نیز خط است. پس داریم

$$P_{eS1-4} = Q\left(\frac{A}{\sqrt{\eta/2}}\right) + 2Q\left(\frac{A/\sqrt{2}}{\sqrt{\eta/2}}\right)$$

$$\rightarrow P_{eS1-4} = Q\left(\frac{A}{\sqrt{\eta/2}}\right) + 2Q\left(\frac{A}{\sqrt{\eta}}\right)$$

$$P_{eS5-8} = ? \quad x^2 + x^2 = 9A^2 \rightarrow 2x^2 = 9A^2 \rightarrow x = \frac{3A}{\sqrt{2}}$$

$$P_{eS5-8} = 2Q\left(\frac{3A/\sqrt{2}}{\sqrt{\eta/2}}\right) + Q\left(\frac{A}{\sqrt{\eta/2}}\right) = 2Q\left(\frac{3A}{\sqrt{\eta}}\right) + Q\left(\frac{A}{\sqrt{\eta/2}}\right)$$

$$E_s = \frac{1}{8} (3A)^2 + (3A)^2 + (3A)^2 + (3A)^2 + A^2 + A^2 + A^2 + A^2$$

$$\rightarrow E_s = \frac{40A^2}{8} = 5A^2 \quad P_{e\text{tot}} = \frac{1}{2} P_{eS1-4} + \frac{1}{2} P_{eS5-8}$$

$$\rightarrow P_{e\text{tot}} = Q\left(\frac{A}{\sqrt{\eta/2}}\right) + Q\left(\frac{A}{\sqrt{\eta}}\right) + Q\left(\frac{3A}{\sqrt{\eta}}\right) \quad \sqrt{\frac{E_s}{5}} = A$$

$$P_{e\text{tot}} = Q\left(\sqrt{\frac{2E_s}{5\eta}}\right) + Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{5\eta}}\right) + Q\left(\sqrt{\frac{9E_s}{5\eta}}\right) \approx Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{5\eta}}\right)$$

$$P_{e\text{MPSK}} = 2Q\left(\sqrt{2 \frac{E_s}{\eta}} \sin^2\left(\frac{\pi}{M}\right)\right) \quad \text{در اینجا از 8PSK استفاده می کنیم.}$$

$$\rightarrow P_{e\text{8PSK}} = 2Q\left(\sqrt{2 \frac{E_s}{\eta}} \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right)\right) = 2Q\left(\sqrt{0.2928932188 \frac{E_s}{\eta}}\right)$$

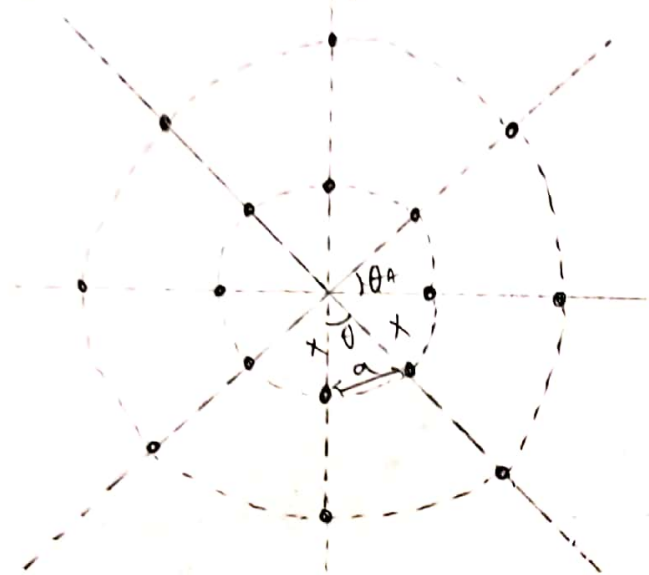
$$P_{e\text{8PSK}} = P_{e\text{8QAM}} \rightarrow 0.2928932188 \frac{E_{s\text{8PSK}}}{\eta} = \frac{E_{s\text{8QAM}}}{5\eta}$$

$$E_{s\text{8PSK}} = 0.6828427125 E_{s\text{8QAM}} \quad \text{پس 8PSK تقریباً ۳۱.۸٪ انرژی کمتری مصرف می کند.}$$

(پ) این دیاگرام اجزای آن که خروجی خارج بار از A و A - 3A داشته باشیم را به دست آوریم. نقطه کاتسلیس در 3A و 3A - 3A - 3A قرار دارد پس باید آنرا حذف کنیم.

A)

(الف) برای هر کدام از دیاگرام ها مدار خلاصه شده است



$$\theta_A = \frac{360}{8} = 45^\circ$$

حالا ما به به هندسه بدهیم و حساب کنیم:

$$\frac{a_1}{2} = x \sin(\theta_{1/2}) = x \sin(22.5^\circ)$$

$$\therefore a_1 = 2x \sin(22.5^\circ) \quad \text{پس به دست می آید}$$

$$P_{av} = \frac{(8x^2 + 32x^2)}{16} = \frac{40x^2}{16} = \frac{5x^2}{2}$$

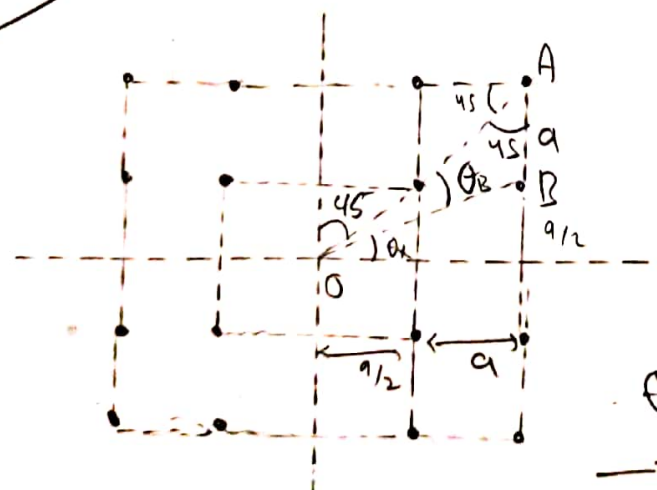
$$= 2.5x^2, \quad P_{av} = 2.5 \times \frac{a_1^2}{4 \sin^2(22.5^\circ)}$$

$$= \frac{2.5a^2}{2(1 - \cos(45^\circ))} = \frac{1.25a^2}{(1 - 1/\sqrt{2})} = \frac{10 + 5\sqrt{2}}{4} a^2 = 4.267766953 a^2$$

$$\frac{P_{peak}}{P_{av}} = \frac{4x^2}{2.5x^2} = \frac{4}{2.5} = 1.6, \quad \theta_A = 45^\circ$$

پس این دیاگرام بهی خواهد داشت.

B)



$$OB = \sqrt{\left(\frac{3a_2}{2}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{10}}{2} a_2$$

$$OA = \frac{3a\sqrt{2}}{2} = \frac{3a}{\sqrt{2}}$$

$$\tan \theta_x = \frac{1}{3} \rightarrow \theta_x = \tan^{-1}(1/3) \rightarrow$$

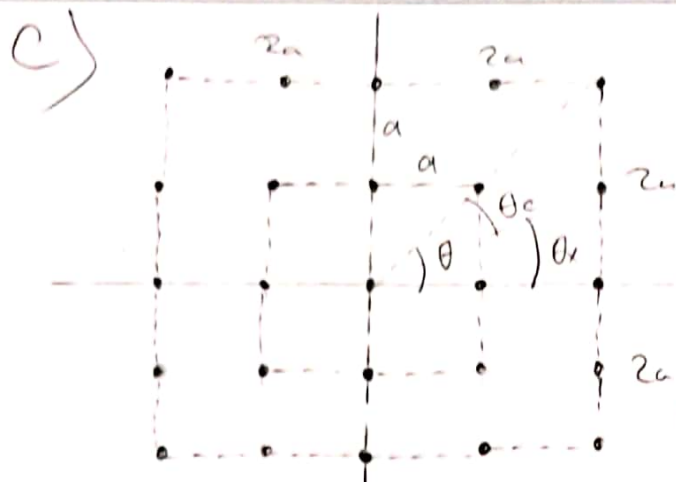
$$\theta_x = 18.43494882^\circ, \quad \theta_B = 90 - 45 - \theta_x$$

$$\rightarrow \theta_B = 26.56505118^\circ$$

$$P_{av} = \frac{a^2}{2} \times 4 + 8 \times \frac{5a^2}{2} + \frac{9a^2}{2} \times 4 = \frac{80a^2}{2 \times 16} = 2.5a^2$$

$$\frac{P_{peak}}{P_{av}} = \frac{\frac{9a^2}{2}}{\frac{5}{2}a^2} = \frac{9}{5} = 1.8$$





نسبت به سرانجام آزمون 100 درصدی  
مصحف  $\theta = 45^\circ$   $\tan(\theta) = \frac{1}{2}$

$$\rightarrow \theta_x = \tan^{-1}(1/2) = 26.56505118^\circ$$

$$\therefore \theta_c = \theta - \theta_x = 18.43494882^\circ$$

$$P_{av} = \frac{1}{25} (4 \times a_3^2 + 4 \times (\sqrt{2} a_3)^2 + 4 \times (2a_3)^2$$

$$+ 8 \times 5a_3^2 + 4 \times (2\sqrt{2} a_3)^2) \rightarrow P_{av} = \frac{1}{25} (4a_3^2 + 8a_3^2 + 16a_3^2 + 40a_3^2 + 32a_3^2)$$

$$\rightarrow P_{av} = \frac{100a_3^2}{25} = 4a_3^2$$

$$\frac{P_{peak}}{P_{av}} = \frac{8a_3^2}{4a_3^2} = 2$$

حال به مقایسه بردار

مقایسه در برابر لور:  $\therefore P_{avA} = P_{avB} = P_{avC} \rightarrow 4.267766953a_1^2 = 7.5a_1^2 = 4a_3^2$

مقایسه A > مقایسه C > مقایسه B  $\rightarrow a_2 > a_3 > a_1$   
در برابر بزرگی B بیشترین مقادیر را دارد.

مقایسه در برابر انرژی:  $\left(\frac{P_{peak}}{P_{av}}\right)_C > \left(\frac{P_{peak}}{P_{av}}\right)_B > \left(\frac{P_{peak}}{P_{av}}\right)_A$   
مقایسه A در برابر اندک ضریب ضریب مقادیر بهترین دارد.

A مقادیر بهترین دارد.  $\rightarrow \theta_A > \theta_B > \theta_C$  : خط فاز

**ب)** از نظر مقادیر در برابر بزرگی سیستم B مناسب تر است. در عمل سیستم B

سیستم بهترین است اما کمترین مقادیر را به این سگاس استخراج کرده و به دلیل مقادیر مانند تعداد سیل

ارسالی و ... در مدار خنک شدن مقادیر را از استرطاف مقادیر می شود در نظر گرفت. مقادیر برای

یک بار مقادیر را گفت فلان سیستم بهترین است.